

PCT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁷ : G02B 5/18, 27/28	A1	(11) International Publication Number: WO 00/57215 (43) International Publication Date: 28 September 2000 (28.09.00)
---	----	---

(21) International Application Number: PCT/US00/07345
(22) International Filing Date: 21 March 2000 (21.03.00)

(30) Priority Data:
60/125,550 22 March 1999 (22.03.99) US
60/142,979 12 July 1999 (12.07.99) US

(71) Applicant: MEMS OPTICAL, INC. [US/US]; Suite 2, 205
Import Circle, Huntsville, AL 35806 (US).

(72) Inventors: CLARK, Rodney, L.; 774 Bob Stiles Road,
Gurley, AL 35748 (US). PEZZANITI, Larry; 119 Fenwick
Place, Harvest, AL 35749 (US). CROUSE, Randy; 1116
Summerwood Circle, Huntsville, AL 35803 (US). BROWN,
David, R.; 216 Constitution Drive, Meridianville, AL 35758
(US).

(74) Agent: MUTTER, Michael, K.; Birch, Stewart, Kolasch &
Birch, L.L.P., P.O. Box 747, Falls Church, VA 22040-0747
(US).

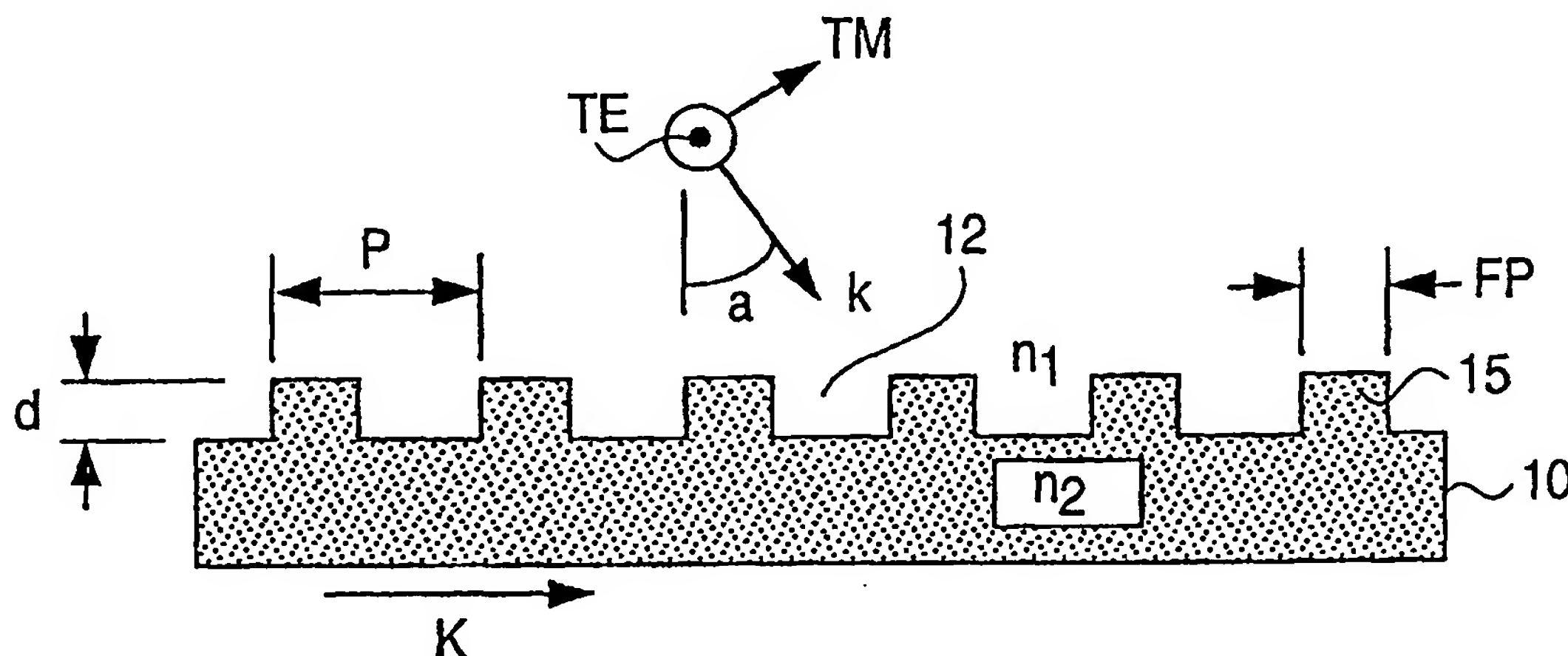
(81) Designated States: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,
LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ,
UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published

With international search report.

*Before the expiration of the time limit for amending the
claims and to be republished in the event of the receipt of
amendments.*

(54) Title: DIFFRACTIVE SELECTIVELY POLARIZING BEAM SPLITTER AND BEAM ROUTING PRISMS PRODUCED THEREBY



(57) Abstract

A diffractive having a grating period that exhibits significant polarization selectivity is used as a polarizing beamsplitter for obliquely incident polarized light. The grating is preferably a subwavelength of the illuminating beam and is preferably designed to substantially transmit transverse magnetic mode (TM) polarized light and to substantially reflect transverse electric mode (TE) polarized light at certain wavelengths or angles of incidence. Due to ease of manufacture, the polarizing beamsplitter may be integrated along with other optical elements, such as a subwavelength retarder, to form a polarization beam router, a dichroic beam combiner, a beam splitter on a curved surface, or an optical pickup using an optical beam splitter and router.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-540446

(P2002-540446A)

(43) 公表日 平成14年11月26日 (2002. 11. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)	
G 0 2 B	5/30	G 0 2 B	5/30	2 H 0 4 2
	5/04		5/04	D 2 H 0 4 9
	5/18		5/18	2 H 0 9 9
	27/28		27/28	Z 5 D 1 1 9
G 1 1 B	7/135	G 1 1 B	7/135	A
		審査請求 有	予備審査請求 未請求 (全 30 頁)	

(21) 出願番号 特願2000-607031 (P2000-607031)
(86) (22) 出願日 平成12年3月21日 (2000. 3. 21)
(85) 翻訳文提出日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 0 0 / 0 7 3 4 5
(87) 国際公開番号 W O 0 0 / 5 7 2 1 5
(87) 国際公開日 平成12年9月28日 (2000. 9. 28)
(31) 優先権主張番号 6 0 / 1 2 5 , 5 5 0
(32) 優先日 平成11年3月22日 (1999. 3. 22)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)
(31) 優先権主張番号 6 0 / 1 4 2 , 9 7 9
(32) 優先日 平成11年7月12日 (1999. 7. 12)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

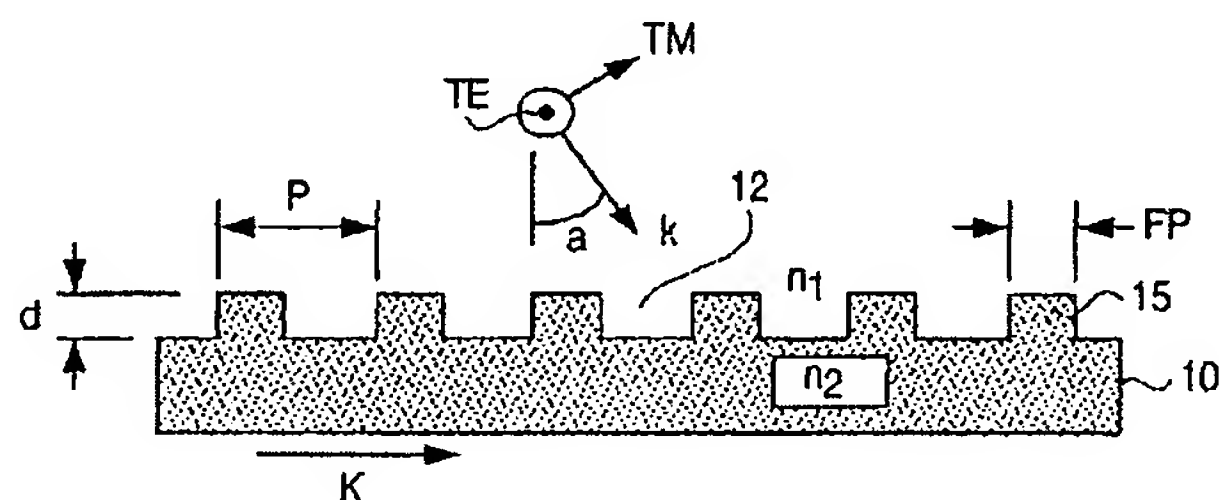
(71) 出願人 エムイーエムエス・オブティカル・インコーポレイテッド
アメリカ合衆国35806アラバマ州ハンツビル、インポート・サークル205番、スイート2
(72) 発明者 ロドニー・エル・クラーク
アメリカ合衆国35748アラバマ州ガーリー、ボブ・スタイルズ・ロード774番
(72) 発明者 ラリー・ベッツァニティ
アメリカ合衆国35749アラバマ州ハーベスト、フェンウィック・プレイス119番
(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回折選択偏光ビームスプリッタおよびそれにより製造されたビームルーチングプリズム

(57) 【要約】

選択的に著しい偏光を示す格子周期を有する回折格子を、斜角の入射する偏光された光に対する偏光ビームスプリッタとして使用する。格子は照明ビームの半波長であることが好ましく、ある波長または入射角度で、横磁気モード (T M) の偏光をほぼ透過し、横電気モード (T E) の偏光をほぼ反射するように設計されることが好ましい。製造の容易さのために、偏光ビームスプリッタは、半波長リターダのような他の光学要素とともに一体化して、偏光ビームルーター、二色ビーム結合器、湾曲面上のビームスプリッタ、光学ビームスプリッタ及びルーターを使用する光学ピックアップを形成するようにしてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回折格子がある面に設けられるとともに、入射光ビームに対して斜角に配置され、

前記回折格子は、前記入射光ビームの異なる偏光成分を区別して透過し反射するように選択された周期を有する複数の繰り返し隆起部を含むことを特徴とする偏光ビームスプリッタ。

【請求項 2】 前記周期は前記入射光ビームの波長よりも小さい請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 3】 前記複数の隆起部は、矩形、三角、または正弦個曲線の断面形状を有する請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 4】 前記回折格子が設けられた面は平坦である請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 5】 前記回折格子が設けられた面は湾曲している請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 6】 前記入射光の横電気 (TE) 成分は前記偏光ビームスプリッタで反射し、前記入射光の横磁気 (TM) 成分は前記回折格子を通過して透過する請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 7】 前記偏光ビームスプリッタは透過性媒体に設けられ、ここで、前記隆起部は透過性媒体と異なる屈折率を有する材料で形成されている請求項 1 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 8】 前記回折格子はある角度範囲にわたって前記入射光の TE 成分を適切に反射し、TM 成分を透過するように設計されている請求項 7 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 9】 前記回折格子はある特定の角度で前記 TE 成分を最適に反射し、TM 成分を透過するように設計されている請求項 8 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 10】 前記特定の角度はほぼ 45° である請求項 10 の偏光ビームスプリッタ。

【請求項 11】 前記偏光ビームスプリッタは二色ビーム結合器として機能

するように配置されている請求項1の偏光ビームスプリッタ。

【請求項12】 前記スプリッタの第1面に衝突する第1波長の光は透過し、前記スプリッタの第1面と対向する第2面に衝突する第2波長の光は反射する請求項11の偏光ビームスプリッタ。

【請求項13】 光のビームが入射するプリズムを含むビームルーターにおいて、前記プリズムの面に回折格子が一体化され、偏光ビームスプリッタとして作用することを特徴とするビームルーター。

【請求項14】 前記回折格子の周期は前記光ビームの波長よりも小さく、前記回折格子は前記光ビームの異なる偏光成分を選択的に透過し反射する請求項13のビームルーター。

【請求項15】 前記プリズムの他の面にリターダを有することをさらなる特徴とする請求項14のビームルーター。

【請求項16】 前記リターダは半波長リターダである請求項15のビームルーター。

【請求項17】 前記光ビームは前記回折格子を備えた前記プリズムの面を通過して前記プリズムに進入し、前記リターダを透過し、反射面に衝突する請求項16のビームルーター。

【請求項18】 前記回折格子を備えた面に当接し、キューブを形成する他のプリズムを有することをさらなる特徴とする請求項14のビームルーター。

【請求項19】 前記プリズムの他の面にリターダを有することをさらなる特徴とする請求項18のビームルーター。

【請求項20】 前記光ビームは前記回折格子を有する前記プリズムの面で反射し、前記リターダを透過し、反射面に衝突する請求項19のビームルーター。

【請求項21】 前記光ビームは前記プリズムの入口面に入射し、前記偏光回折格子を備えた面で内部全反射で反射する請求項13のビームルーター。

【請求項22】 前記入射光ビームのゼロ次回折における全パワーは斜面で内部全反射で反射する請求項21に記載のビームルーター。

【請求項23】 入射光ビームをその偏光方向に依存して分割する方法にお

いて、

回折格子をほぼ平坦な面に設け、

前記回折格子は、前記入射光ビームの異なる偏光成分を区別して透過し反射するように選択された周期を有する複数の繰り返し隆起部を有し、

前記回折格子の面を前記入射光ビームに対して角度 α に向け、

前記角度 α は 90% より小さく 0% より大きく、

前記入射光ビームは前記回折格子の面に平行な第 1 偏光成分と該第 1 偏光成分に垂直な第 2 偏光成分とを有し、

前記第 1 偏光成分は前記回折格子でほぼ反射し、前記第 2 偏光成分はほぼ透過することを特徴とする入射光ビームをその偏光方向に依存して分割する方法。

【請求項 24】 前記繰り返し隆起部の周期は、前記入射光ビームの主波長より小さい請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】 前記複数の繰り返し隆起部に向け、

前記回折格子の面に沿うその主軸が前記入射光ビームの前記第 1 偏光成分にほぼ平行であることをさらなる特徴とする請求項 23 の方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****発明の技術分野**

本発明は、回折光学構造、およびさらに詳しくは著しい偏光選択性 (polarizing selectivity) を呈する回折光学構造、特に半波長 (subwavelength) 光学格子構造を使用するものに関する。本発明による著しい偏光選択性を呈する回折光学構造はビーム分割 (beam splitting) に有利に使用される。

【0002】**関連技術の説明**

多層の誘電積層体から形成されるような偏光ビームスプリッタは、特定の偏光を有する光を選択するものとして知られている。しかしながら、このような従来のビームスプリッタは設計および製造が比較的困難である。さらに、このような積層誘電偏光ビームスプリッタは、他の光学要素と一体にすることは容易でない。

【0003】

回折偏光は分光学における公知の問題であるが、ビームセパレーション (beam separation)、スプリッティング (splitting) およびルーティング (routing) における回折の使用は以前は知られていなかった。そのかわり、回折によって現れる偏光選択性は望ましくない問題であり、補正されるべきであると考えられていた。

【0004】

回折構造で横電気 (transverse electric) モード (TE) と横磁気 (transverse magnetic) モード (TM) に偏光された光の透過 (transmission) における差は、反射防止 (antireflection) に関しては文書化されてきている。しかし、このような回折半波長構造に関する研究の目的は、近似垂直入射光に対する TE と TM 光における透過の差を最小化することであつた。垂直に入射する TE と TM の偏光された光を均等に伝送するこのような構造は、一つの偏光のみの選択が求められているときには、ほとんど役に立たない。

【0005】

発明の概要

本願出願人は、回折光学機器を偏光ビームスプリッタとして作用させて入射ビームを分離するのに使用してもよいことを発見した。これらの特徴は半波長構造において最も明らかであるが、照明ビームの波長より大きな周期を有する回折格子は著しい偏光を選択的に示す示すことができる。偏光選択性は半波長構造によって最もよく示されるが、本出願は、主としてそのような半波長構造の表現で開示された発明原理を議論する。しかしながら、ここに開示された原理は、著しい偏光選択性が示される限り、照明ビーム (illuminating beam) の波長よりも大きな格子周期 (grating periods) を利用する回折にも適用される。

【0006】

回折格子は、構造全体にわたって、または、構造の異なる部分にわたって異なる周期で、周期的に繰り返す形状 (features) を有していてもよい。このような構造は空間的に重ね合わされた 1 以上の周期を有していてもよい。均一に周期的な格子の周期は、格子構造が繰り返される最も小さい距離として規定されてもよい。

【0007】

半波長構造の格子周期が入射ビームの波長の半分以下であれば、ゼロ次のオーダーの回折のみが伝播し、他の全てのオーダーの回折は消失する。半波長構造は、反射防止 (antireflection)、形状複屈折 (form birefringence) および分布屈折率材料 (distributed index materials) のエミュレーション (emulation) のような興味深い特性を示す。

【0008】

本発明の目的は、従来の多層誘電ビームスプリッタの 1 若しくはそれ以上の問題または限界を実質的に除去した偏光ビームスプリッタを提供することである。

【0009】

本発明の他の目的は、回折ビームスプリッタを使用してビームを分離することである。

【0010】

本発明のさらに他の目的は、他の光学要素と容易に組み立て状態に一体化する

ことができるビームスプリッタまたはルーター（router）を開発することである。

【0011】

本発明の追加の目的や利点は、一部は明細書に記述され、一部は明細書から明らかであり、本発明の実施によって学ばれる。本発明の目的及び利点は、特許請求の範囲に特に指摘された要素または組み合わせにより、理解され、得られる。

【0012】

前記目的を達成するために、本発明の目的に従って、ここに具体化され広く記述されたように、回折格子がある面に設けられるとともに、入射光ビームに対して斜角に配置され、前記回折格子は、前記入射光ビームの異なる偏光成分を区別して透過し反射するように選択された周期を有する複数の繰り返し隆起部を含む偏光ビームスプリッタが提供されている。一つの好ましい実施形態によれば、この選択的透過は半波長格子周期で達成される。

【0013】

また、本発明によれば、光のビームが入射するプリズムを含むビームルーターにおいて、前記プリズムの面に回折格子が一体化され、偏光ビームスプリッタとして作用するビームルーター提供されている。

【0014】

さらに、本発明によれば、入射光ビームをその偏光方向に依存して分割する方法において、回折格子をほぼ平坦な面に設け、前記回折格子は、前記入射光ビームの異なる偏光成分を区別して透過し反射するように選択された周期を有する複数の繰り返し隆起部を有し、前記回折格子の面を前記入射光ビームに対して角度 α に向け、前記角度 α は90%より小さく0%より大きく、前記入射光ビームは前記回折格子の面に平行な第1偏光成分と該第1偏光成分に垂直な第2偏光成分とを有し、前記第1偏光成分は前記回折格子でほぼ反射し、前記第2偏光成分はほぼ透過することを特徴とする入射光ビームをその偏光方向に依存して分割する方法が提供されている。

【0015】

前述の一般的説明と異化の詳細な説明は例示的であり説明のためだけのもので

あり、本発明を制限するものではないことは、理解される。

【0016】

この明細書に組み込まれその一部を構成する添付図面は本発明のいくつかの実施形態とその説明を示し、本発明の原理を説明するのに役立っている。

【0017】

この添付図面を参照することにより、当業者は本発明の目的および利点をより良く理解できるであろう。

【0018】

好ましい実施形態の説明

添付図面に示す本発明の例示的实施形態を詳細に参照する。図面を通して、同一または類似の部分には同一参照符号を使用する。

【0019】

本発明は、従来技術におけるような垂直入射光に対するTEおよびTMの透過率の差 (transmittance difference) を最小化することよりも、回折構造への斜角入射光に対するTEおよびTMの偏光された光の透過率の差を利用する。これらの差は、図10を参照して以下に説明するように、照明ビームの周期よりも大きな格子周期を有する回折において存在するが、半波長回折の性能は一般的には好ましい。

【0020】

本発明の異なる実施形態は、この透過率差を異なる方法で使用する。本発明の1つの実施形態では、透過率はTM偏光された光に対して最大化され、反射率はTE偏光された光に対して最大化され、これにより偏光ビームスプリッタとして半波長構造を使用する。このようなビーム分割装置は、ビーム結合、ビーム反射、ビーム分割、分散フィードバック、光学信号処理、波長マルチプレクシングおよびデマルチプレクシング、ビームルーティングを含む広い適用分野がある。

【0021】

図1は、偏光ビームスプリッタとして使用される回折格子10を概略示す。方向 k の光ビームは、格子10の面に垂直な方向に対して角度 α で格子10に入射する。格子ベクトル K は、図に示すように溝12に並行な方向と格子周期 $2\pi/\lambda$

P に等しい大きさを有し、ここで P は格子10の1周期である。入射光ビームのTE偏光成分は、ビーム方向 k と格子ベクトル K の両方に垂直に線形的に偏光される。すなわち、図1において、TEベクトルは、ビーム方向 k と格子ベクトル K によって規定される面に垂直に例えば紙面に外側に延びている。入射光ビームのTM偏光成分は、TE成分とビーム方向 k の両方に垂直に線形的に偏光される。入射媒体の屈折率は n_1 、格子の屈折率は n_2 である。 n_1 と n_2 は、一般に、偏光ビームスプリッタ10の性能を最適化するために複合 (complex) するように選択することができる。格子の深さは d 、格子充填係数 (grating fill factor) は F である。充填係数 F は、ノッチ15の幅 FP を格子周期 P で割ったものとして定義される。

【0022】

入射ビームが格子に斜角で入射すると、TM偏光された光ビームの透過率は、最適な格子深さ d 、充填係数 F および格子周期 P を選択することにより、1 (すなわち100%) に近づく。TM偏光の高透過率の理由は、以下の通りである。格子が連続した切片 (slice) に分割されていると仮定すると、各々は k に垂直である。切片が媒体 n_1 から媒体 n_2 と考えると、各切片の平均屈折率はその上の切片よりも高い。したがって、光波が格子に侵入するにつれて、徐々により大きい平均屈折指数を備えた材料と出会う。この効果は、格子が 45° の角度に傾斜されると向上する。この角度では、入射TMビームは、プリズムアレイ (array of prism) と出会い、有効屈折率が n_1 から n_2 にゆっくりと変化する。TE偏光された光に対しては、反射は、エッチ深さ (etch depth) d 、充填係数 F および格子断面形状に強く依存する。格子構造にTM透過は弱く依存し、TE透過は強く依存するので、格子構造10は、TE光を強く反射するように最適化し、TM偏光された光に対して高い透過率を維持することができる。

【0023】

このような偏光ビームスプリッタは、スプリッタの上部に一方向に進入した光に対しては同じに挙動し、スプリッタの下部に他方向に進入した光に対してはそのままである (as it does) という意味で、双方向的 (bidirectionally) に対象である。

【0024】

前述の偏光ビームスプリッタ10は、多層誘電積層体から形成された他の偏光ビームスプリッタを越えるいくつかの利点を有する。第一に、本発明による偏光ビームスプリッタを製造するコストは、従来の偏光ビームスプリッタより安くすることができる。例えば、マスター格子(master grating)は、ニッケルのような金属基板にエッチングすることができる。マスター格子は、格子構造を低部品コストで大容積のプラスチックに射出成形するのに使用することができる。代案として、格子は光学基板に直接、エッチングしてもよい。

【0025】

第二に、設計方法は、エッチング深さ d 、充填係数 F および格子周期 P のように、いくつかの自由度を有する。さらに、格子断面は矩形パターンを有する必要はない。三角パターンや2次元回折格子パターンのような他のパターンも種々の利用分野や実施形態には最適であるかもしれない。パターンは図1に示すように連続的に変化する2レベルデジタルとすることができるし、本明細書の教示と一致する他のタイプのパターンとすることができる。

【0026】

第三に、構造は、モデルを作り、精密結合波分析(Rigorous Coupled Wave Analysis: RCWA)コードと成熟分析方法(mature analysis methods)を用いて最適化することができる。このRCWAコードは、例えば、E. N. GlytsisとT. K. Gaylordの「非等方性媒体における多重重合格子の精密3-D結合波回折分析」、応用光学第28巻、第2401-2421頁(1989)に記載され、その内容は参照することで本明細書に組み入れる。

【0027】

第四に、半波長構造は、ミラー、レンズまたはプリズムのような特定の光学基板上に直接形成することができ、これにより光学要素に追加の機能性を統合することができる。このような半波長構造と回折ビーム分割構造の異なる光学基板への直接的な形成により、空間とコストを節約することができる一方、均等な機能性を保持することができる。次の例は、本発明による回折構造が如何に広範囲に利用することができるかを示している。

【0028】

図2は、プラスチック ($n_1=1$, $n_2=1.52$) に形成され、入射ビームに対して 45° の角度 $\alpha=45^\circ$ に向けられた矩形断面半波長構造の反射率特性20を示す。光の波長は 650 nm である。格子周期は $P=0.25\text{ }\mu\text{m}$ 、充填係数は $F=0.5$ である。TE光20の反射率は、該反射率が最大である格子深さを決定するために、格子深さ d に対してプロットされている。反射率の局地最大値は約 $0.40\text{ }\mu\text{m}$ の格子深さに対して見出だされる。反射率はTE偏光された光に対して 99.9% に達している。

【0029】

図3は、図2と同じ構造のTM偏光された光に対する透過率特性30を示す。透過率は、各エッチング深さに対して均一に 98% を越える高さに留まっている。したがって、エッチング深さを $0.4\text{ }\mu\text{m}$ に調整してTE偏光された光の反射率を最大化することによって、偏光ビームスプリッタの効率は最適化される。

【0030】

偏光効率は前記設計に対しては高いが、視野 (field of view) と波長帯域は狭い。図4は格子の角度依存性を与え、ここでTM透過率40は入射角度の範囲に亘って高いが、TE反射率45は 45° から離れた入射角で低下している。

【0031】

図5は、前記設計による偏光ビームスプリッタの波長依存性を示す。この特殊なビームスプリッタの設計はTE反射率55に対して狭い帯域を有する。TM透過率50は図示された波長の範囲に亘って高く留まっている。この設計は偏光ビームスプリッタに出会ったときにコリメート (collimate) されるレーザービームを使用する分野に適している。このコリメートされたレーザー構成は多くの光学系に出会う。

【0032】

同一の矩形形状の格子を使用し、 $F=0.5$ 、 $d=0.375\text{ }\mu\text{m}$ 、 $P=0.25\text{ }\mu\text{m}$ を選択することにより、格子の視野は拡大することができる。図6は、TMに対する透過率特性60とTE偏光された光に対する透過率特性を 62° から 74° の間の入射角度の関数として示す。再度説明すると、TM偏光されたビ

ームの透過率60は均一に高く、エッチング深さは約55%の均一反射率（すなわち、1マイナス透過率65）に対して選択された。第2の例示的な設計は、レーザービームが偏光ビームスプリッタを通して集束（focus）する系に対して特に有益である。なぜなら、TE反射はレーザービームを集束するのに必要とされる比較的広範囲の角度を越えては変化しないからである。

【0033】

RCWAを使用して半波長構造偏光ビームスプリッタのモデルを作成し、格子材料、格子断面、格子周期、格子深さおよび充填係数を変化させることにより、半波長構造偏光ビームスプリッタは与えられた分野に対して最適化することができる。

【0034】

特定の分野に対して格子を最適化するのに使用することができる他の変数がある。前述の変数に加えて、半波長構造偏光ビームスプリッタ格子の他の格子変数は、与えられた分野に対する性能を最適化するように修正することができる。例えば、単一の格子に重合された多重周期は、ある分野に対する性能を最適化するのに要求される。多重格子周期はRCWAを使用して修正してもよい。さらに、三角または正弦曲線のような他の形状は、性能を増大するために、ここに記載された矩形断面の代わりに使用してもよい。

【0035】

本発明による半波長偏光ビームスプリッタの顕著な利点は、他の機能性を有する装置に一体化することができるということである。例えば、半波長偏光ビームスプリッタは半波長四分の一波リターダ（subwavelength quarter wave retarder）と一体化して偏光ビームルーターを形成することができる。TEとTM偏光された光の有効屈折指数の差に基づく半波長構造リターダは、例えば、I. Richter、Peng-Chen Sun、F. XuおよびT. Fainmanの「複屈折マイクロ構造の設計考察」、応用光学第34巻、第2421-2429頁（1995）記載され、その内容は参照することで本明細書に組み入れる。

【0036】

図7Aと図7Bは、リターダ73と一体化された偏光ビームスプリッタ72を

使用してビームをルーティング（routing）するための2つの例示的な幾何学構造を示す。両図は、単一の一体プリズム（それぞれ70と71）に形成された半波長構造偏光ビームスプリッタ72と半波長構造リターダ73を含む。ここで使用されるように、プリズムは、光が反射または屈折する互いに傾斜した少なくとも2つの面を有する透明光学要素を意味するように理解される。

【0037】

図7Aでは、TM偏光された光は、プリズム70の上面に形成された半波長偏光器72を高効率で透過する。四分の一波半波長構造リターダ73はプリズム70の底面全体に形成されている。リターダ格子ベクトルKの方向は、入射TM偏光ビームを右円偏光ビーム（right circularly polarized beam）に変換するために、TM偏光された光の電界に対して公称45°である。右円偏光ビームは反射面74から反射する。反射面74は、例えば鏡面反射器や部分散乱反射器のような如何なるタイプの反射器とすることができる。右円偏光ビームは、反射すると、左右像（handedness）を左円偏光された光に変更する。反射した左円偏光ビームは、四分の一波リターダ73を通過して後に伝播し、TE偏光された光に変換される。この偏光された光ビームは、半波長偏光ビームスプリッタ面72を反射して離れ、図に示すように内部全反射によりプリズム壁76を反射して離れ、底面73を通過してプリズム70を出る。

【0038】

図7Bでは、TM偏光されたビームは、プリズム71の上面に形成された半波長偏光器72を通過して高効率で透過する。四分の一波半波長構造リターダ73は、プリズム71の底面の一部に形成されている。リターダの格子のベクトルKの方向は、TM偏光されたビームの電界ベクトルに対して公称45°であり、入射TM偏光ビームを右円偏光ビームに変換する。右円偏光ビームは、反射すると、左右像（handedness）を左円偏光された光に変更する。反射した左円偏光ビームは四分の一波リターダ73を通過して後に伝播し、TE偏光された光に変換される。このTE偏光された光ビームは、半波長偏光ビームスプリッタ面72を反射して離れ、図に示すように内部全反射によりプリズム71の底面の他の部分77で反射する。次に、この光ビームは、右面76を通過して入射ビームの方向にプリズ

ム71を出す。

【0039】

図7Aと図7Bのビームルーターの機能性は、コンパクトディスクプレイヤーやDVDプレイヤーのための光学読出しヘッドを含む広範囲の分野で使用される。ビームルーターは、情報が符号化された面を照明して、逆反射ビームを検出器に伝送することができなければならない。ここで紹介された半波長構造プリズム70と71の利点は、半波長構造偏光器72と半波長構造リターダ73が一つの基板に形成されることである。2つの要素、偏光ビームスプリッタおよび四分の一波リターダで達成される全ての機能性が、一つの一体化された光学機器でなされる。このような装置は、射出成形と他の高容積で低コストの製造技術を使用して製造される。

【0040】

半波長偏光ビームスプリッタは非常に狭い波長帯域を有するように設計することができる。例えば、実施形態1の偏光ビームスプリッタは、図5に示すように狭い波長帯域を有する。この半波長偏光ビームスプリッタの性質は、2色ビーム結合器(Dichroic Beam Combiner)を形成するのに使用することができる。半波長構造を使用する2色ビーム結合器80は図8に示されている。この実施形態では、波長1のビームはTM方向に偏光され、偏光ビームスプリッタ80を通過して透過される。この第1の波長と異なる波長2の第2ビームは、TE偏光状態に偏光され、偏光ビームスプリッタ80で反射して離れる。この図8には、2つのビームは結合されて同一方向に進むが、直交偏光状態(orthogonal polarization state)にある。ビームを直交偏光状態にすることは、光路における結合器の下流側でルーティング(routing)する目的でビームを分離するのに有利である。

【0041】

図8の例示的設計の他の実施形態では、反射ビームと透過ビームの両方はTE変更されることができた。これは、実施形態1(図5)に示すように、半波長偏光ビームスプリッタは他の波長では反射性が高いとしても、ある波長でTE偏光された光に対しては透過性が高いために、可能である。図8に戻ると、スプリッ

タは波長1でTE偏光された光に対しては透過し、波長2でTE偏光された光に対しては反射しなければならない。

【0042】

本発明による半波長構造偏光ビームスプリッタは、前述した平坦面に加えて、非平坦面にも形成することができる。例えば、干渉計使用リソグラフ技術（interferometric lithography technique）は、湾曲面上に周期的構造を作るのによく適している。

【0043】

偏光ビームスプリッタを湾曲面に設置する能力により、半波長構造の偏光ビーム分割機能を例えばレンズやミラーのような湾曲面の機能と結合することができる。図9は、（実施形態3におけるような）リターダ94と結合した半波長構造ビームスプリッタの実施形態を示し、両者はビームルーティングキューブ（beam routing cube）の界面（interface）における湾曲面98と結合されている。ビームルーティングキューブの機能は、ビームを受け入れて、該ビームを変調器や検出器のような反射器または部分反射器96に集束することである。TE偏光されたビーム（この場合はコリメートされている）は上方から機器に進入する。そのビームは湾曲ビーム分割界面92で反射して離れる。ビーム分割界面92は、ビームが図に示すように機器の外側で集束するように、形成されている。湾曲面の半波長構造92は、TE偏光された光を高効率で反射し、TM偏光された光を高効率で透過する。半波長リターダ94は、機器の出口面（左手側）に形成され、TE偏光された光を右円偏光された光に変換する。右円偏光状態は、反射器96で反射すると、左円偏光された光に変更される。このビームは、半波長構造リターダ94をとって後ろに透過すると、TM偏光された光に変換される。このTM偏光されたビームは、半波長構造偏光ビームスプリッタ92を通過して透過する。キューブの上半分の屈折率 n_1 は、キューブの底半分の屈折率 n_2 と異なる。これは、湾曲界面92が集束力（focusing power）を有するようになされる。最後に、キューブ989の右面は、キューブ内の伝播に関連した波面収差（wavefront aberration）を矯正する曲率を有している。

【0044】

照明ビームの波長より大きな空間周波数の回折格子は、著しい偏光選択性を発揮することができる。特に、1次のビームだけが伝播し高次の全ての分散ビームが消えて行くように選択された周期を備えた回折格子は、有効ビームルーチング偏光ビームスプリッタに対する基礎 (foundation) となることができる。このような非半波長格子は、この開示で説明された原理から当業者に想起されるように、モデル化され、前述した半波長構造を設計するのに使用したものと類似のRCWAコードと分析法で最適化されてもよい。

【0045】

図10は、直角プリズムの斜面に形成された格子101を含むビームルーター100を示す。この外形 (geometry) は、0の回折次 (透過する0次成分と0次の反射成分の両方) における全てのパワー (power) がプリズム面での内部全反射により反射されるという利点を有している。これは、プリズムを通る反射路 (reflected path) の効率を著しく増加することができる。格子が偏光選択性である場合、例えばTM偏光された光の回折効率がTE偏光された光より大きい場合、殆ど全てのTE偏光された光は斜面で反射し、大量のTM偏光された光は複路で回折する。

【0046】

効果を実証するために、750nmの周期と120nmの格子深さを備えた連続正弦曲線の格子101が図10に示すプリズム100の斜面に形成した。半波長四分の一波 (subwavelength quarter wave) リターダ102を図に示すようなプリズムの上出口面に設置した。650nmのレーザ光をプリズム100の左手入口面から導入した。水平 (TE) 偏光された光の反射率 (内部全反射) は73%であったが、垂直 (TM) 偏光された光では反射率は21%であった。四分の一波リターダ102を通して透過する反射ビームは45°に向けられ、TE偏光された光を図に示すように右円偏光された光に変換された。右円偏光されたビームはミラー (不図示) で反射して離れ、左円偏光された光に変換され、プリズム100の出口面へ後に逆伝播された。左円偏光された光は、四分の一波リターダ102を通して後に透過すると、垂直 (TM) 偏光された光に変換された。次に、TM偏光された光は偏光格子101を通過して検出器103に向かった。垂

直偏光された (TM) 光に対する回折効率 (diffraction efficiency) は 39 % であり、TE 偏光された光の回折効率は 6 % であった。このように、プリズムの入口面から検出器までのラウンドトリップ効率 (round trip efficiency) は、反射路の効率 73 % に回折 (復) 路の効率 39 % を乗じたものであり、すなわち $73\% \times 39\% = 28\%$ である。

【0047】

ルーター 100 は、TM 偏光された光に対して最大回折効率を有し、TE 偏光された光に対して最小の回折効率を有する格子形状を選択することによって最適化される。格子の周期は重要な問題 (consideration) である。格子周期は、プリズム界面の角度 (この場合は 45°) で 0 次とプラス 1 の回折次数がレーザービームの波長に対して伝播するように選択されてもよい。これは、レーザービームのパワーが回折または反射されて、2, 3, ... の高次数または -1, -2, ... の負次数でパワーが浪費されないようになされる。しかしながら、高次のものを伝播させるような格子周期は、他の光学系の問題に対しては望ましい。例えば、復路の回折ビームが真っ直ぐに (戻るビームに並行に) 伝播することが望まれる場合、大きな周期が要求され、これにより 2 次、3 次または 4 次のオーダーのビームがうまく伝播する。デューティサイクル、格子深さ、格子形状 (二値、正弦曲線、その他) のような格子パラメータは、ラウンドトリップ効率を最適化するように操作してもよい。

【0048】

このプリズムの使用は、異なる光学機能 (例えば、ビーム分割に加えて) をプリズムの異なる面に適用してもよいという他の利点を有している。例えば、半波長構造リターダはプリズムの上面 (例えば図 10) に形成してもよい。集束力 (focusing power) を備えた面は、プリズムの入口面または出口面に形成してもよい。プリズムは例えば射出成形技術を使用して単一部品として形成してもよく、これによりいくつかの光学機能を一つのコンパクトな一体化された部品に一体化することができる。

【0049】

図 11 は、レーザと、光学ビームルーチングビームスプリッタと、図 10 に概

略示す一体化された検出器とを一体化するための好ましい実施形態を示す。レーザダイオード112からの光は発散してプリズム119の左面に配置されたコリメートレンズ113に進入する。レーザダイオード112、コリメートレンズ113およびプリズム119は全てスペーサ111の頂上にある。レーザ112からの光線は、レーザ光が図の上部に示すように対物レンズ117を過剰に満たさない(overflow)ように、ほとんど平行化される。開口絞り(aperture stop)116もまたそのような過充填(overflow)が起こるの防止する。3-ビーム生成格子がコリメートレンズ113の上に形成され、トラッキング(tracking)のためにディスクに3つのビームを生成する。偏光格子114とリターダ格子115は、前述したように作用する。復路では、偏光格子114は画像を一体化された検出器118に迂回(divert)させる。

【0050】

図7Aと図7Bにおけるビームルーターと同様に、図10と図11におけるビームルーターの機能もまた、コンパクトディスクプレイヤーやDVDプレイヤーの光学読出しヘッドを含む広範な分野で使用される。

【0051】

本発明の範囲や精神から逸脱することなく本発明の偏光ビームスプリッタや関連の光学要素に種々の変形や修正を行なうことは、当業者に明らかである。一例として、半波長リターダは本明細書を通して参照されたが、液晶ディスプレイ(LCD)において従来使用されるような薄膜リターダ(thin-film retarder)をそれに代用してもよく、それは本発明に包含されるものと意図されている。さらに、ビームスプリッタを光学要素に直接一体化するために前述したもの以外の他の製造技術を使用してもよい。ビームスプリッタとリターダは、前述したものの以外の光学要素に一体化してもよい。

【0052】

本発明の他の実施形態は、明細書を熟慮してそこに開示された本発明を実施することで、当業者に明らかとなる。明細書および実施形態は例示的であり、本発明の真の範囲と精神は、特許請求の範囲に示されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 矩形断面を有する本発明による回折格子の概略図。

【図2】 第1実施形態の偏光子構造に対する格子深さの関数としてのTE偏光された光の反射率のグラフ。

【図3】 第1実施形態の偏光子構造に対する格子深さの関数としてのTM偏光された光の透過率のグラフ。

【図4】 第1実施形態の偏光子構造に対する入射角度の範囲にわたるTEおよびTM偏光された光の透過率のグラフ。

【図5】 第1実施形態の偏光子構造に対する波長の範囲にわたる45°の入射角度のTEおよびTM偏光された光の透過率のグラフ。

【図6】 第2実施形態の偏光子構造に対する入射角度の範囲にわたるTEおよびTM偏光された光の透過率のグラフ。

【図7A】 第3実施形態の構造による半波長構造偏光子と半波長構造リターダを含むビームルーターの側面図。

【図7B】 第3実施形態の構造による半波長構造偏光子と半波長構造リターダを含むビームルーターの側面図。

【図8】 第4実施形態の構造による半波長構造二色ビームスプリッタの側面図。

【図9】 第5実施形態の構造による半波長構造で一体化され湾曲面に形成された半波長構造偏光ビームスプリッタの側面図。

【図10】 第6実施形態の構造によるプリズムビームスプリッタおよびルーターの側面図。

【図11】 図10のプリズムビームスプリッタおよびルーターを組み込んだ光学装置の側面図。

【符号の説明】

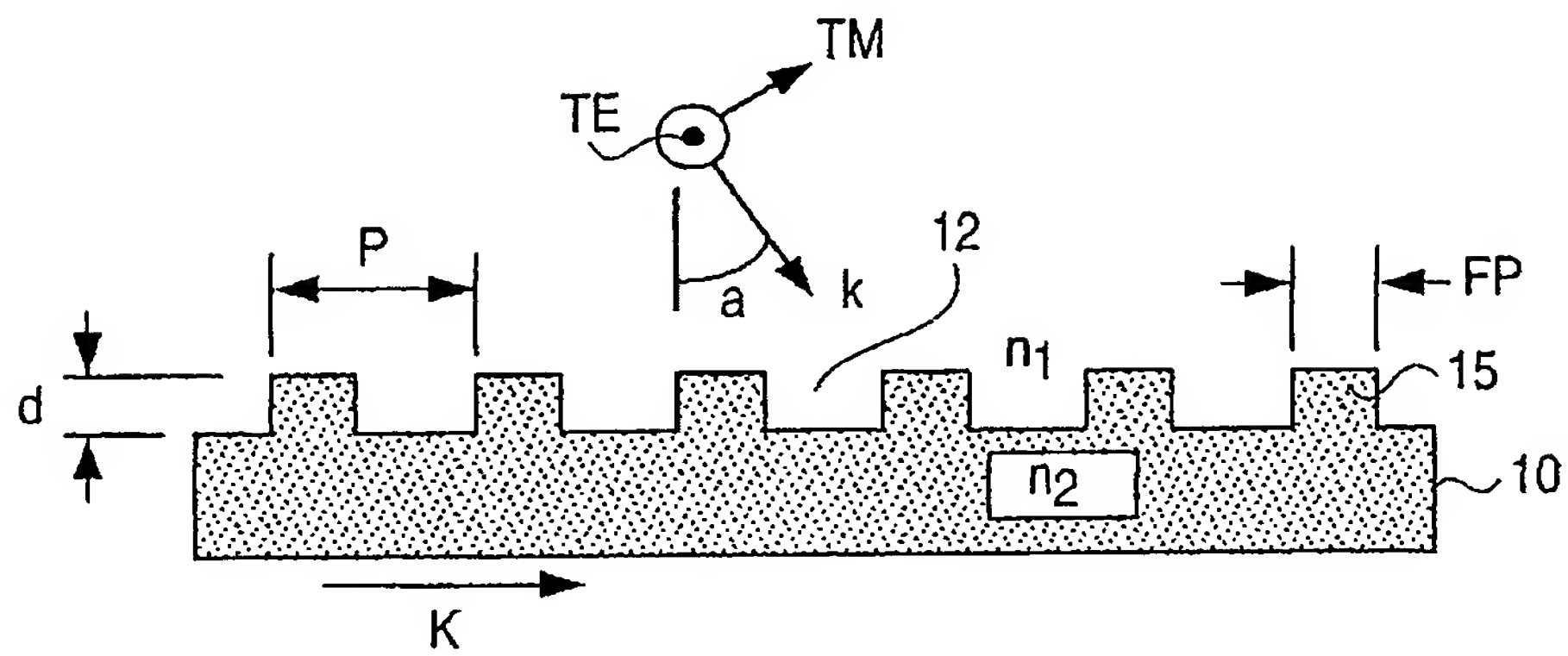
10 回折格子（偏光ビームスプリッタ）

12 溝

15 ノッチ

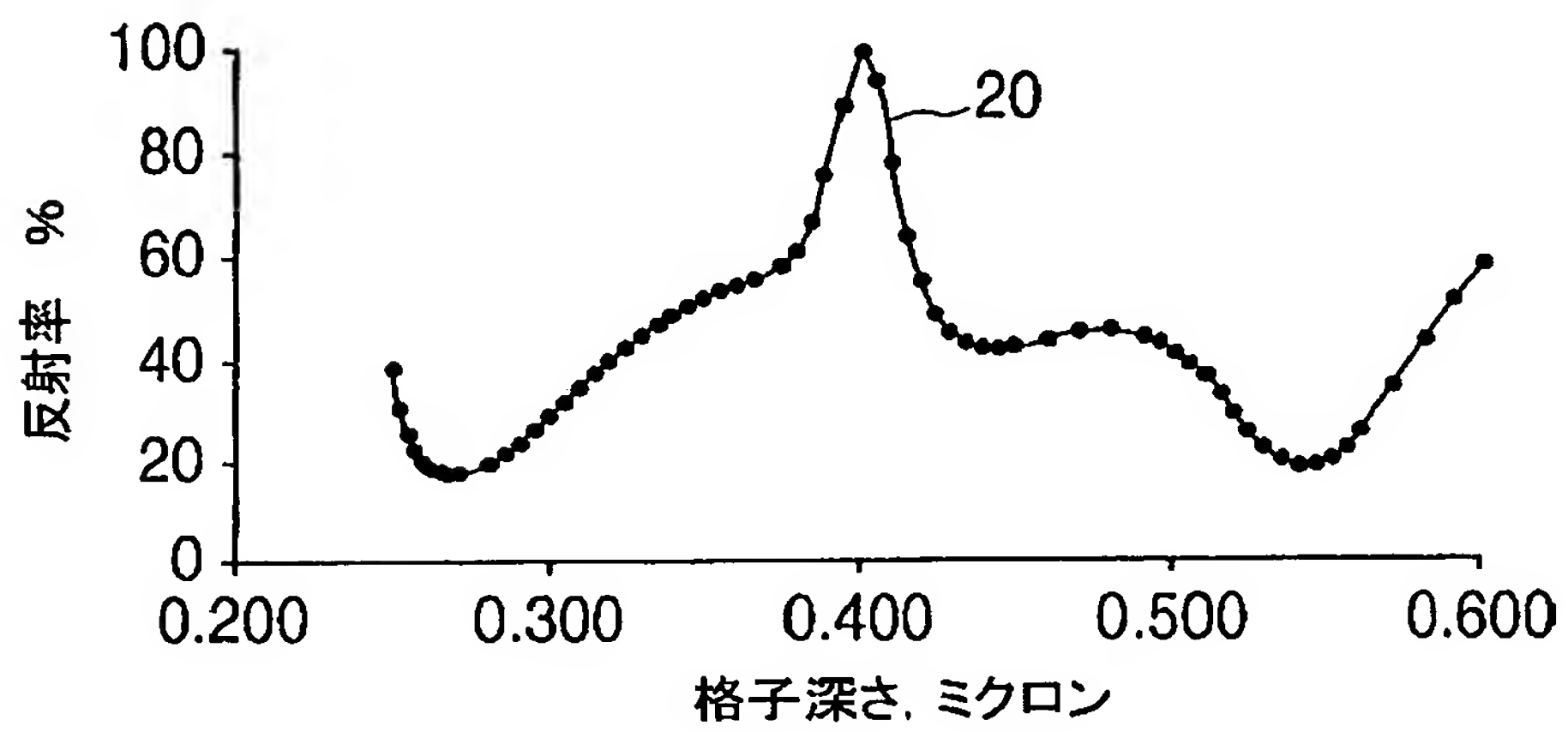
【図1】

FIG. 1



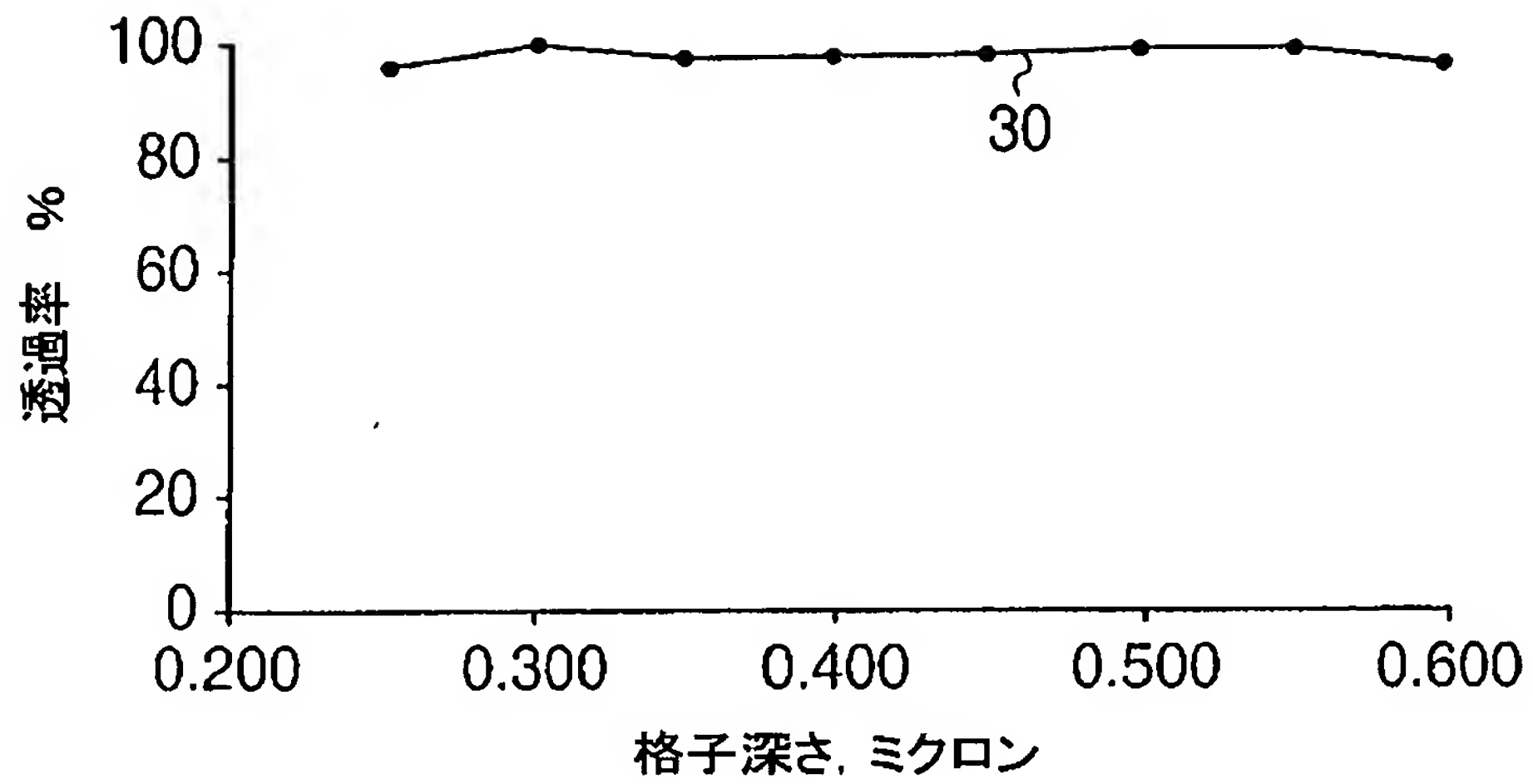
【図2】

FIG. 2



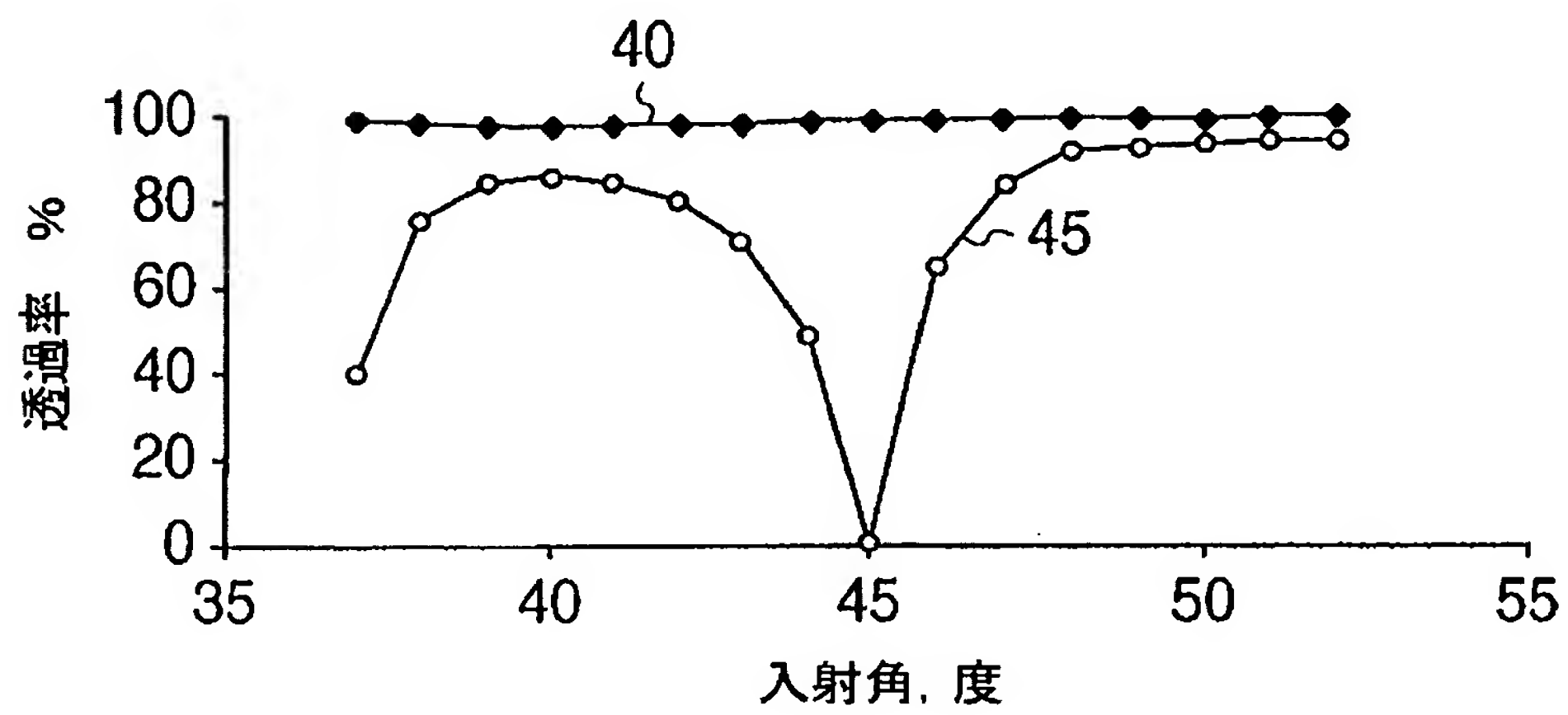
【図3】

FIG. 3



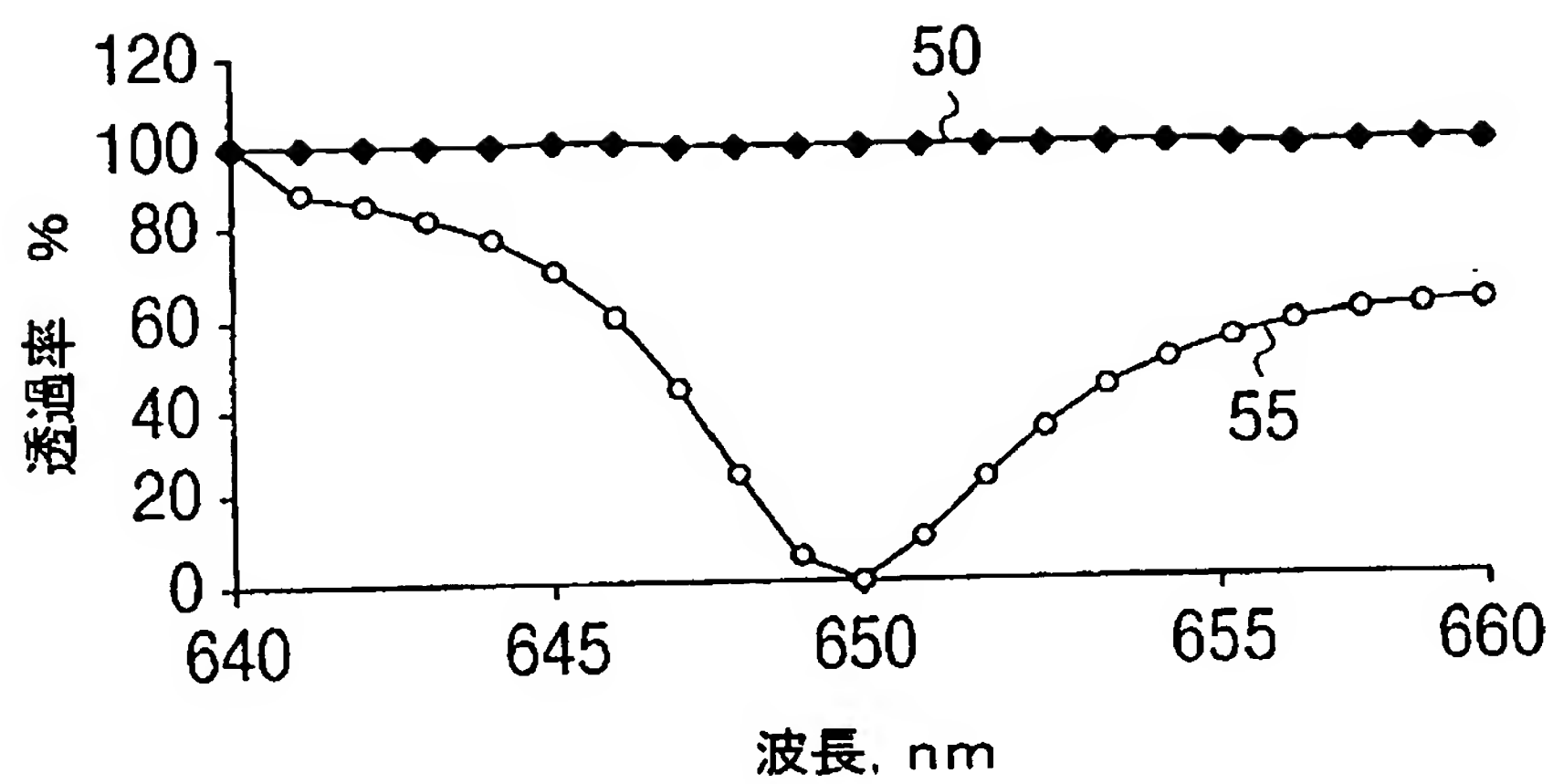
【図4】

FIG. 4



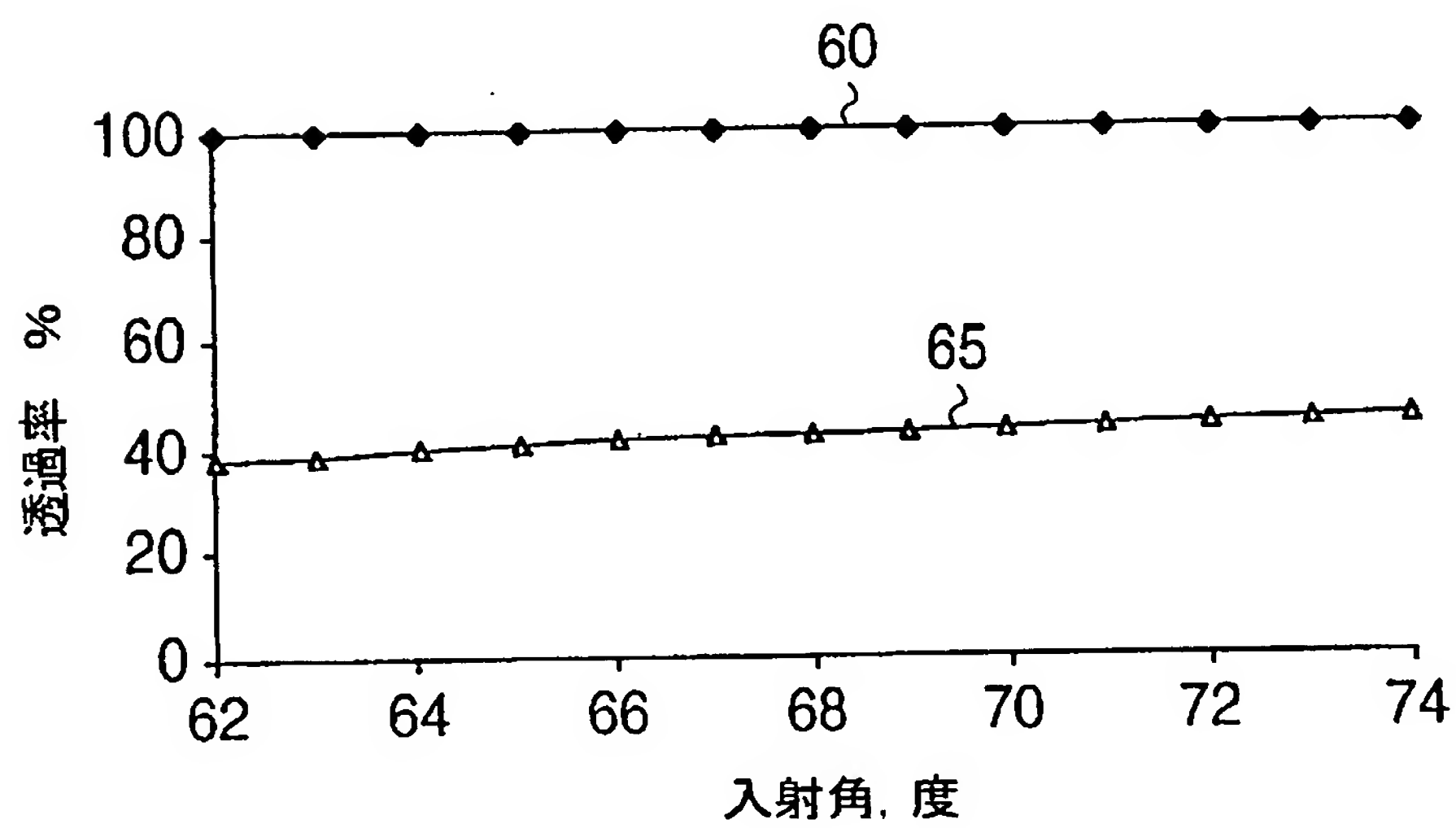
【図5】

FIG. 5



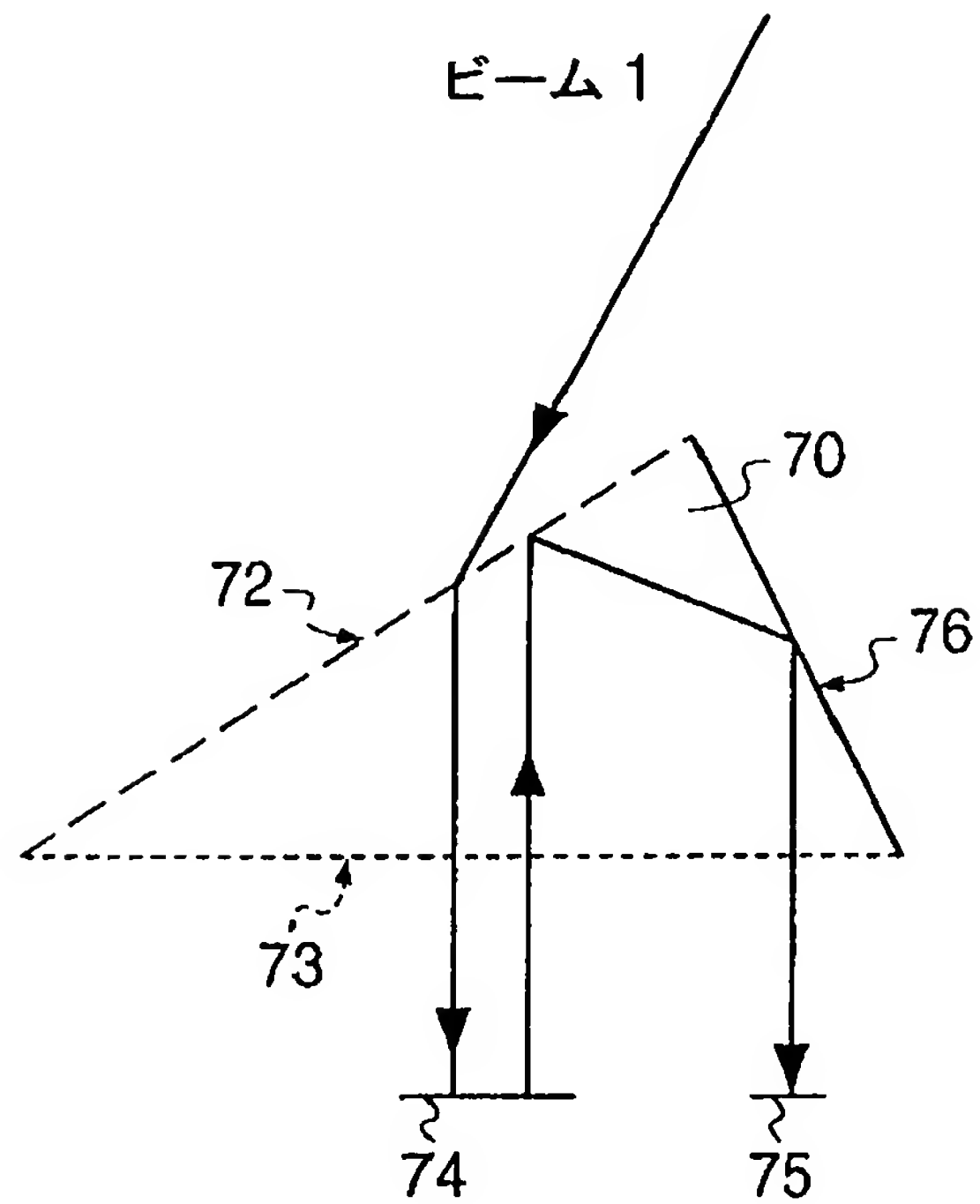
【図6】

FIG. 6



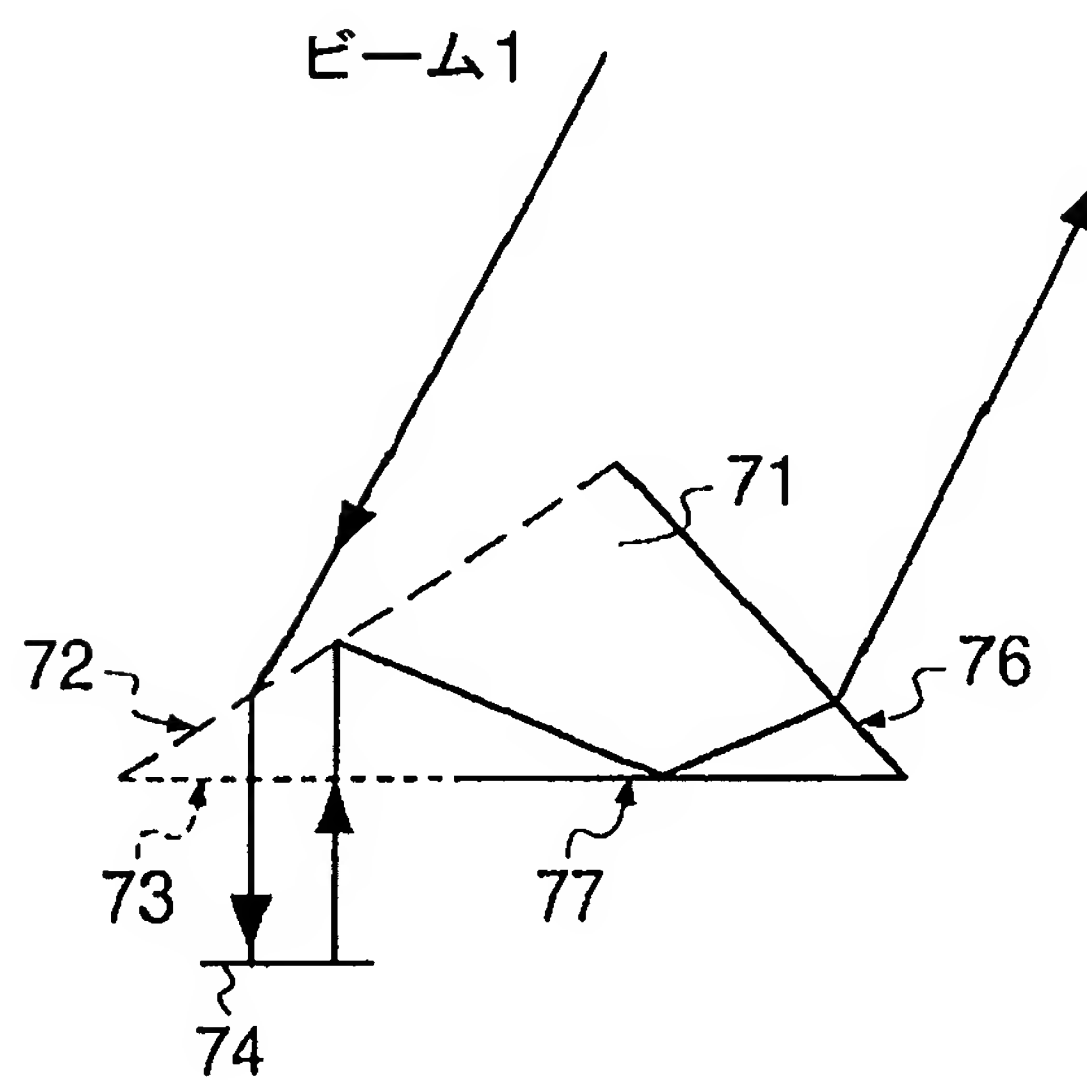
【図7A】

FIG. 7A



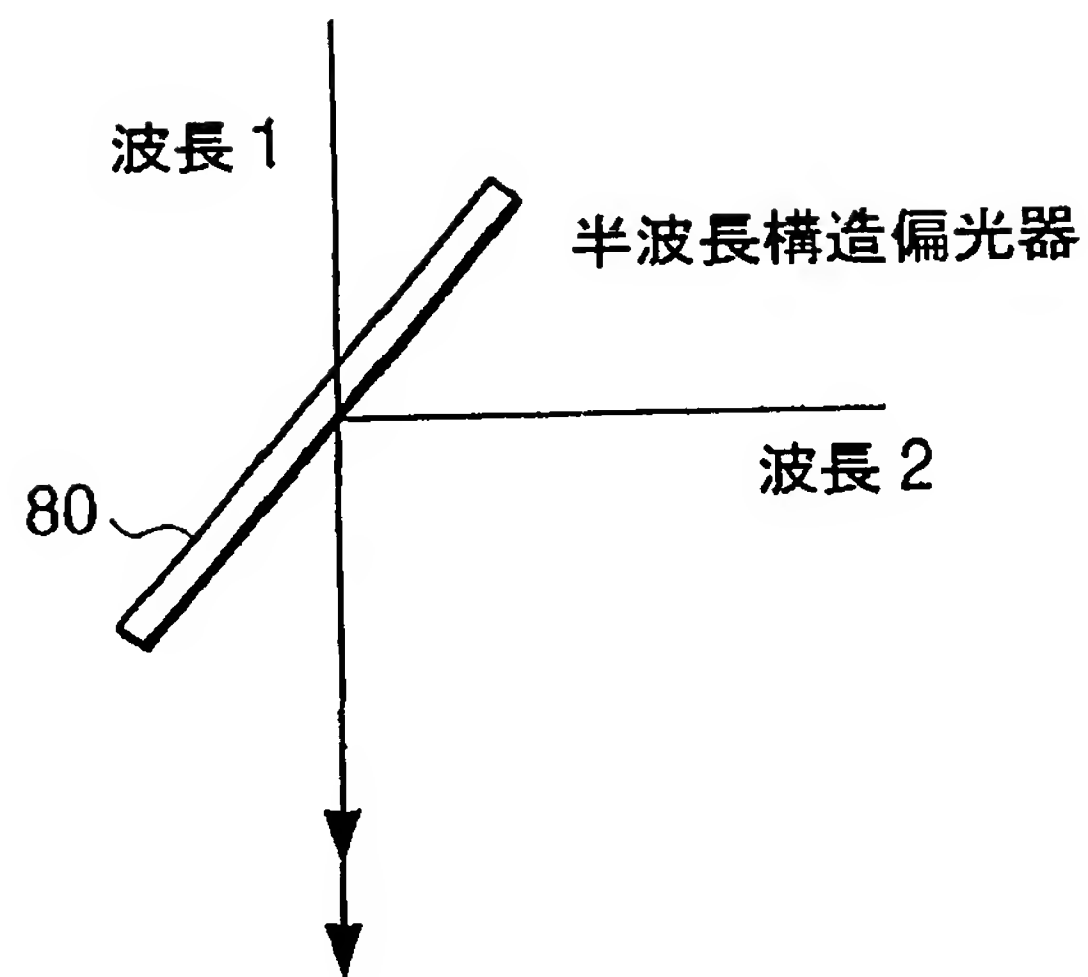
【図7B】

FIG. 7B



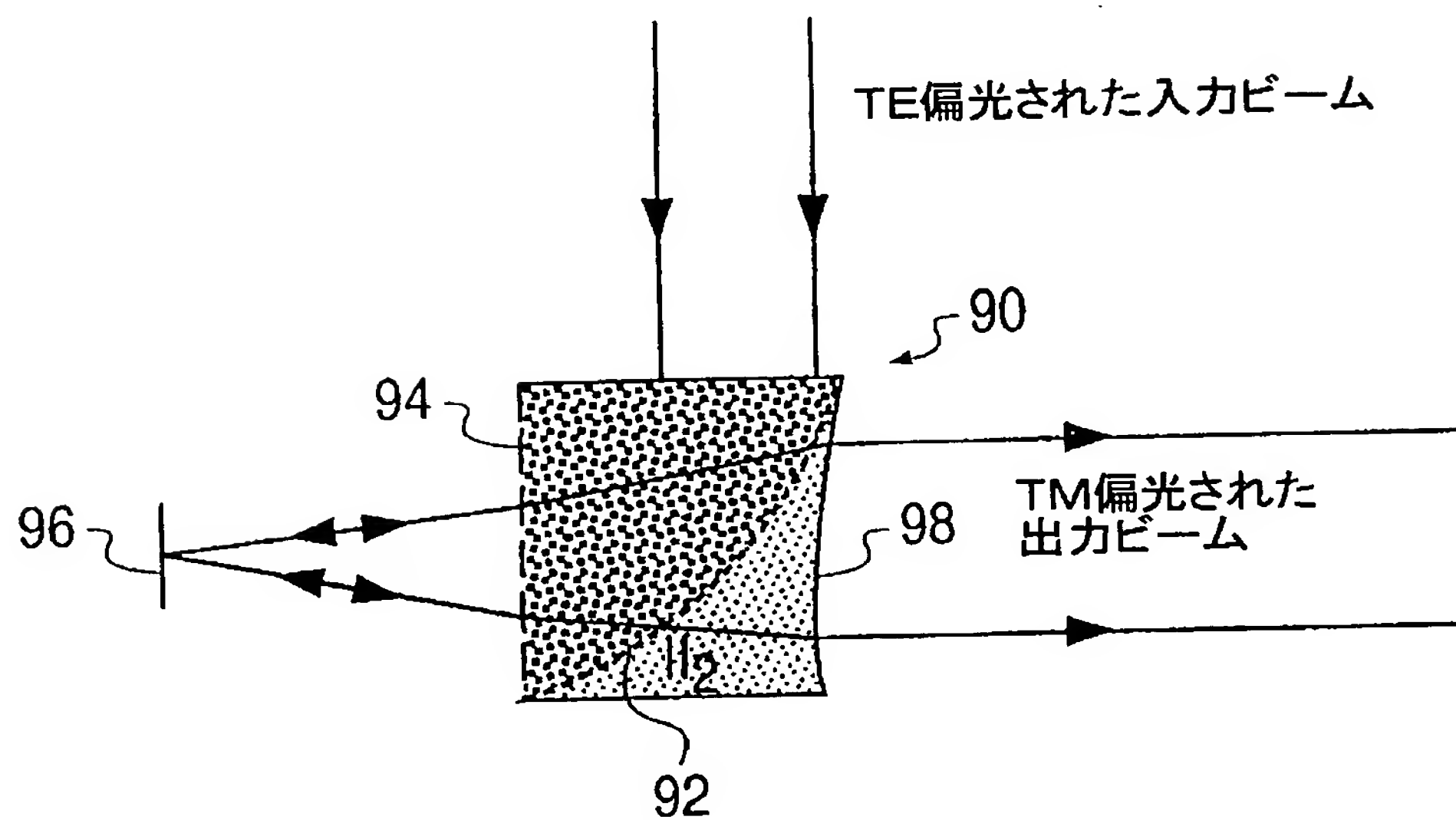
【図8】

FIG. 8



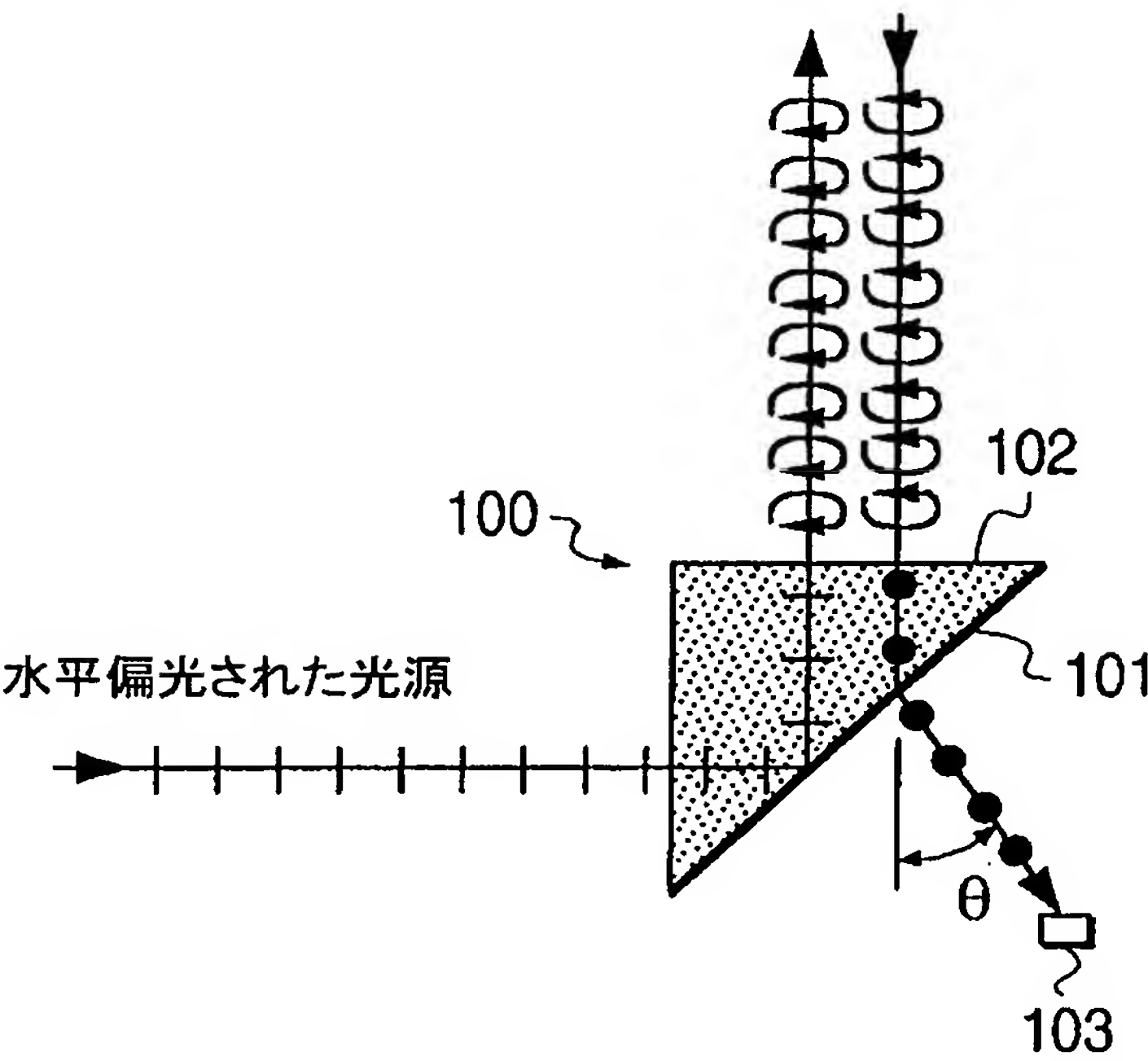
【図9】

FIG. 9



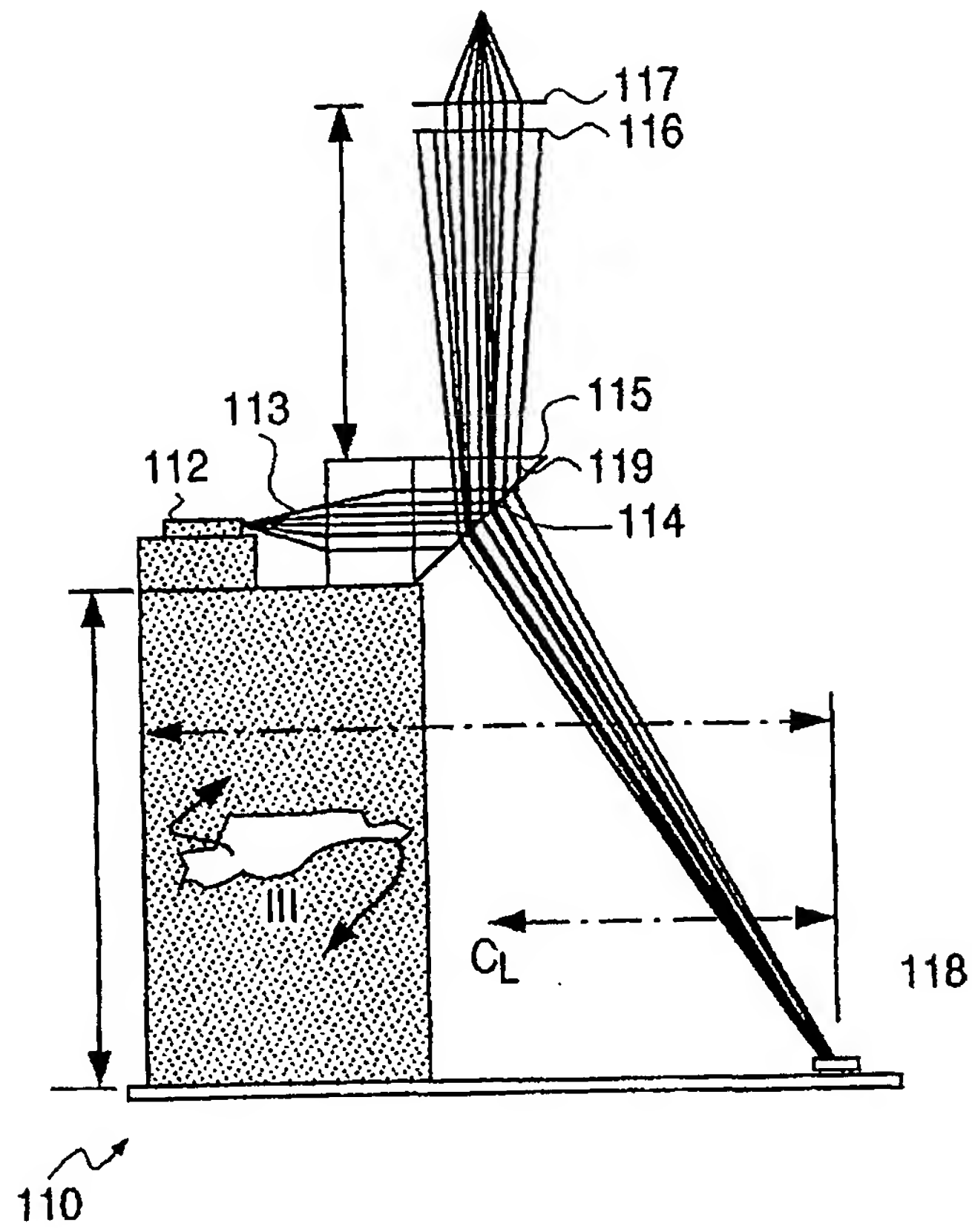
【図 10】

FIG. 10



【図11】

FIG. 11



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 00/07345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B5/18 G02B27/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LOPEZ A G ET AL: "WAVE-PLATE POLARIZING BEAM SPLITTER BASED ON A FORM-BIREFRINGENT MULTILAYER GRATING" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 23, no. 20, 15 October 1998 (1998-10-15), pages 1627-1629, XP000786567 ISSN: 0146-9592 the whole document ----- -/-	1-13, 23-25

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 September 2000

Date of mailing of the international search report

12/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2260 HY Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tlx. 31 851 epo nl
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sarnecki, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No.
 PCT/US 00/07345

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HABRAKEN S ET AL: "POLARIZING HOLOGRAPHIC BEAM SPLITTER ON A PHOTORESIST" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 20, no. 22, 15 November 1995 (1995-11-15), pages 2348-2350, XP000537169 ISSN: 0146-9592 figure 2	13-22
X	EP 0 710 856 A (SHARP KK) 8 May 1996 (1996-05-08) figure 3	1-25
A	BRUNDRETT D L ET AL: "POLARIZING MIRROR/ABSORBER FOR VISIBLE WAVELENGTHS BASED ON A SILICON SUBWAVELENGTH GRATING: DESIGN AND FABRICATION" APPLIED OPTICS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 37, no. 13, 1 May 1998 (1998-05-01), pages 2534-2541, XP000754633 ISSN: 0003-6935 the whole document	1-25
A	WO 92 21046 A (TECHNOLOGY PARTNERSHIP) 26 November 1992 (1992-11-26) the whole document	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 00/07345

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0710856	A	08-05-1996	GB 2293249 A	20-03-1996
			JP 8086915 A	02-04-1996
			US 5812233 A	22-09-1998
WO 9221046	A	26-11-1992	AU 1667192 A	30-12-1992

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72) 発明者 ランディ・クラウズ
アメリカ合衆国35803アラバマ州ハンツビル、サマーウッド・サークル1116番
(72) 発明者 デイビッド・アール・ブラウン
アメリカ合衆国35758アラバマ州メリディアンビル、コンスティテューション・ドライブ216番

Fターム(参考) 2H042 CA01 CA06 CA09 CA14 CA17
2H049 AA03 AA50 AA57 AA64 BA05
BA06 BA45 BB03 BC21
2H099 AA05 CA17 DA00
5D119 AA38 EC17 EC27 JA25